

★HERZ/ U11 U12 93 037292/05 ★DE 4124413-A1
 Subminiature, semiconductor, power solid state laser - is optically energised by number of LED chips with radiation impinging on jacket of laser-active crystal

HERZHOFF B 91.07.23 91DE-4124413

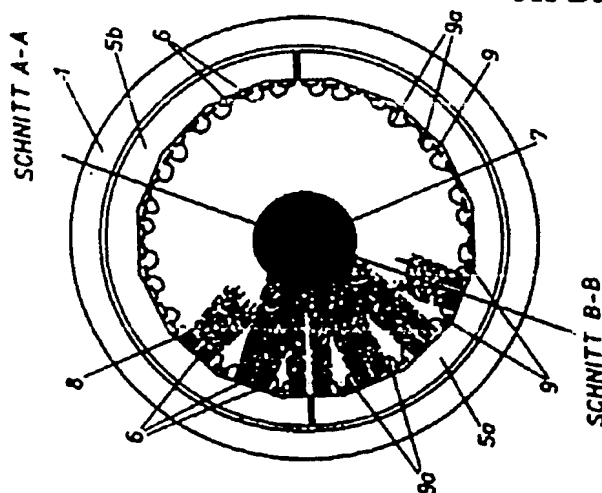
V08 (93.01.28) H01S 3/0933, H01L 23/36, 23/46, 23/52, 27/15

The semiconductor solid laser has an active crystal (7) in the form of an optical resonator of a crystal doped especially for electromagnetic radiation for generating the laser effect. The optical excitation is carried out by a number of LEDs in the form of semiconductor chips (6), whose radiation is directed onto the outer surface of the crystal.

Pref., the radiation of the LED chips for HF crystal excitation lies in the UV range. The LED chips may be secured to the inner faces of polygonal LED supports (5a,b) fitted round the crystal, typically consisting of two half-shells. Cooling microchannels are provided in the LED supports or between the supports and an external housing (1).

USE/ADVANTAGE - For YAG crystal lasers, with very compact design, very long service life, and easy handling. (8pp Dwg.No.2/4)
 N93-028490

U11-D02D1 U12-A01A3



© 1993 DERWENT PUBLICATIONS LTD.

128, Theobalds Road, London WC1X 8RP, England

US Office: Derwent Inc., 1313 Dolley Madison Boulevard,

Suite 401 McLean, VA22101, USA

Unauthorised copying of this abstract not permitted.

Subminiature, semiconductor, power solid state laser - is optically energised by number of LED chips with radiation impinging on jacket of laser-active crystal

Patent Number: DE4124413
Publication date: 1993-01-28
Inventor(s): HERZHOFF BERND (DE)
Applicant(s):: HERZHOFF BERND (DE)
Requested Patent: ☐ DE4124413
Application Number: DE19914124413 19910723
Priority Number(s): DE19914124413 19910723
IPC Classification: H01L23/36 ; H01L23/46 ; H01L23/52 ; H01L27/15 ; H01S3/0933
EC Classification: H01S3/0941
Equivalents:

Abstract

The semiconductor solid laser has an active crystal (7) in the form of an optical resonator of a crystal doped especially for electromagnetic radiation for generating the laser effect. The optical excitation is carried out by a number of LEDs in the form of semiconductor chips (6), whose radiation is directed onto the outer surface of the crystal.

Pref., the radiation of the LED chips for HF crystal excitation lies in the UV range. The LED chips may be secured to the inner faces of polygonal LED supports (5a,b) fitted round the crystal, typically consisting of two half-shells. Cooling microchannels are provided in the LED supports or between the supports and an external housing (1).

USE/ADVANTAGE - For YAG crystal lasers, with very compact design, very long service life, and easy handling.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 24 413 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
H01 S 3/0933
H 01 L 27/15
H 01 L 23/52
H 01 L 23/36
H 01 L 23/46

②1 Aktenzeichen: P 41 24 413.3
②2 Anmeldetag: 23. 7. 91
④3 Offenlegungstag: 28. 1. 93

DE 41 24 413 A 1

⑦1 Anmelder:
Herzhoff, Bernd, 5970 Plettenberg, DE

⑦4 Vertreter:
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.; Grams,
K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser

⑤7 Bei einem Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser erfolgt zur Erzielung einer kompakten Bauform bei gleichzeitiger hoher Ausgangsleistung des Laserstrahls die optische Anregung der laseraktiven Kristalle durch eine Vielzahl entsprechend angeordneter Halbleiter-LED-Chips. Der Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser kann somit an unterschiedliche Anwendungen durch Vorgabe der Anzahl der eingesetzten LED-Chips auf einfache Weise unterschiedlichen Anwendungen angepaßt werden.

DE 41 24 413 A 1

Die Erfindung betrifft einen Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser mit einem laseraktiven Kristall in der Form eines optischen Resonators aus einem speziell für elektromagnetische Strahlung zur Erzeugung des Lasereffekts dotierten Kristalls.

Bei bekannten Festkörperlasern, bei denen als laseraktives Material Rubinkristalle oder Neodym-Yttrium-Aluminiumgranat (Nd-YAG) dotierte Kristalle Verwendung finden, erfolgt die Anregung der stimulierten Lichtemission innerhalb des laseraktiven Kristalls durch eine Energiezufuhr von außen in Form intensiver Strahlung durch eine Hochleistungs-Anregungslichtquelle (optisches Pumpen), bspw. durch eine Blitzlampe oder einen weiteren Laser.

Wird ein laseraktives Material, das durch die Anordnung zwischen zwei spiegelnden Flächen einen optischen Resonator bildet, optisch in entsprechender Weise angeregt, so entsteht ein optischer Generator für elektromagnetische Schwingungen im elektromagnetischen Frequenzbereich, besonders im Bereich des optisch sichtbaren Spektrums. Übertrifft dabei die Lichtverstärkung im laseraktiven Material die Verluste für einen Umlauf der zwischen Spiegeln hin- und herreflektierten Lichtwelle, so beginnt der Festkörperlaser auf einer für das laseraktive Material charakteristischen Wellenlänge zu schwingen, wobei sich zwischen den Spiegeln ein stehendes, elektromagnetisches, optisches Wellenfeld bildet. Zur Auskoppelung des eigentlichen Laserstrahls aus dem optischen Resonator ist einer der beiden Spiegel des optischen Resonators schwach durchlässig.

Die Dauer der Lichtemission bzw. der stehenden Welle hängt davon ab, wie lange die Hochleistungs-Anregungslichtquelle (Pumpwelle) die Oszillation im optischen Frequenzbereich durch entsprechende Einstrahlung aufrechterhalten kann.

Bekannte Festkörperlaser werden u. a. auf der Basis eines YAG-Kristalls (Yttrium-Aluminium-Granat-Kristall) hergestellt und durch Beleuchten mit Lampen angeregt. Dieses laseraktive Material arbeitet schon bei Zimmertemperatur und erreicht eine Ausgangsleistung von einigen Watt bis zu einigen Kilowatt bei Impulsbetrieb. Ein Dauerbetrieb bzw. Impulsbetrieb ist jedoch nur unter hohem Energieeinsatz und entsprechend großen mechanischen Abmessungen des Festkörperlasers möglich.

Insbesondere im Dauerbetrieb treten bei gewünschten größeren Ausgangsleistungen des Festkörperlasers von etwa 5 bis 30 Watt besondere Probleme in thermischer Hinsicht sowie in bezug auf die mechanischen Abmessungen auf. Infolge der für eine kontinuierliche Anregung der Oszillation im YAG-Kristall des Festkörperlasers erforderlichen höheren Anregungsleistung ist es schwierig, die entstehende Wärmemenge abzuführen, so daß hierbei üblicherweise ein ausreichend großes Gehäusevolumen bereitgestellt werden muß. Durch ein großes Gehäusevolumen und eine entsprechende Energieversorgung sind jedoch die Verwendbarkeit sowie die Handhabbarkeit des Festkörperlasers für eine größere Leistung im Dauerbetrieb und damit auch im mobilen Einsatz stark eingeschränkt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die Anregung des laseraktiven Materials eines Halbleiter-Festkörperlasers derart vorzunehmen, daß bei sehr kleiner Baugröße des gesamten Halbleiter-Festkörperlasers eine hohe Dauerleistung und eine gute Handhabbarkeit erzielt

werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser, bei dem die optische Anregung durch eine Vielzahl von Leuchtdioden in Form von Halbleiterchips, deren Strahlung auf die Mantelfläche des laseraktiven Kristalls gerichtet ist, erfolgt.

Erfindungsgemäß erfolgt somit die optische Anregung des laseraktiven Kristalls, bspw. eines YAG-Kristalls, mit Hilfe einer Vielzahl von einzelnen Leuchtdioden in Form von Halbleiter LED-Chips, die derart angeordnet sind, daß die Strahlung jedes LED-Chips auf die Mantelfläche des laseraktiven Kristalls gerichtet ist und damit eine sehr gleichmäßige Ausleuchtung und eine wirkungsvolle optische Anregung der Oszillation im laseraktiven Kristall gewährleistet ist.

Auf diese Weise ist es möglich, infolge der sehr geringen Baugröße der LED-Chips eine Vielzahl dieser Bauelemente in einem sehr kleinen Gehäuse des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers anzuordnen, wobei über die Summe der Einzelleistungen der LED-Chips die Ausgangsleistung des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers trotz sehr kleiner mechanischer Abmessungen bis in den Wattbereich, insbesondere auch im Dauerbetrieb bestimmt werden kann. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung von LED-Chips eine mechanisch unempfindliche Ausführung des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung dargelegt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezugnahme auf die Zeichnungen (1-4) näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 die Außenansicht des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers,

Fig. 2 eine Schnittansicht des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers gemäß Fig. 1,

Fig. 3 einen Längsschnitt des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers gemäß Fig. 1, und

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht der halbschalenförmigen polygonen LED-Träger mit eingesetzten LED-Chips.

In Fig. 1, die eine Außenansicht des Ausführungsbeispiels des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers zeigt, ist mit 1 ein äußeres Gehäuse bezeichnet, das an der vorderen Stirnfläche eine Austrittsöffnung 2 für den Laserstrahl 2a aufweist. Mit 1a ist eine Steckverbindung bezeichnet, die eine vorteilhafte Trennung des äußeren Gehäuses 1 und einer Stromversorgung 4 mit einer Zuleitung 4a während des Transports ermöglicht. Die Zuleitung 4a besteht vorzugsweise aus einem hochflexiblen Silikonkabel mit Reinsilberlitze, wobei die Möglichkeit besteht, die Zuleitung 4a zusätzlich mit Schläuchen zur Zuführung eines Kühlmediums zu versehen.

Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers, in der mit 7 ein laseraktiver Kristall mit zylindrischen Abmessungen, bspw. ein YAG-Kristall, bezeichnet ist. In konzentrischer Anordnung um diesen, vorzugsweise zylindrischen laseraktiven Kristall 7 befinden sich zwei halbschalenförmige polygone LED-Träger 5a und 5b, auf deren Innenseite jeweils in Richtung der Längsachse des zylindrischen laseraktiven Kristalls 7 Stromzuführungen 9 einer Polarität isoliert aufgebracht sind. Zwischen den Stromzuführungen 9 sind einzelne LED-Chips 6 angeordnet und auf den polygonen halbschalenförmigen

LED-Trägern 5a und 5b leitend, sowohl elektrisch als auch hinsichtlich optimaler Wärmeableitung, montiert. Die jeweiligen Stromzuführungen 9 einer Polarität und die halbschalenförmigen polygonen LED-Träger anderer Polarität versorgen die einzelnen LED-Chips 6 mit Strom. Zu diesem Zweck werden die LED-Chips 6, die in Form von Halbleiterchips vorliegen, über Bonddrähte 9a mit den Stromzuführungen 9 verbunden. Eine von den LED-Chips 6 abgegebene Strahlung 8 trifft im wesentlichen radial und senkrecht auf die Mantelfläche des zylindrischen, laseraktiven Kristalls 7.

Gemäß Fig. 3 ist der zylindrische, laseraktive Kristall 7 mittels Befestigungselementen 10 und 10a im äußeren Gehäuse 1 befestigt. Eine Kontaktplatte 11 verbindet die einzelnen, auf den halbschalenförmigen polygonen LED-Trägern 5a und 5b isoliert aufgebrachten Stromzuführungen 9 miteinander und stellt gleichzeitig eine leitende Verbindung mittels Stromzuführungskontakten 12, durch das hintere Befestigungselement 10a zur Steckverbindung 1a der Zuleitung 4a und damit zur Stromversorgung 4 her.

Eine Vielzahl der einzelnen LED-Chips 6 ist parallel zu den Stromzuführungen 9 elektrisch leitend auf den halbschalenförmigen polygonen LED-Trägern 5a und 5b befestigt, wie Fig. 4 in perspektivischer Darstellung zeigt.

Die beiden halbschalenförmigen polygonen LED-Träger 5a und 5b, von denen einer in Fig. 4 gezeigt ist, sind nach Einpassen in das äußere Gehäuse 1 ohne weitere Haltevorrichtung ausreichend befestigt.

Bei Einschalten der Stromversorgung 4, das bspw. mittels einer am äußeren Gehäuse 1 angebrachten Schalteinrichtung 3 erfolgen kann, dringt die von den LED-Chips 6 erzeugte Strahlung 8 durch die Mantelfläche in den laseraktiven Kristall 7 ein und bewirkt in diesem eine Anregung des optischen Resonators und damit die Erzeugung des gerichteten Laserstrahls 2a.

Durch die Tatsache, daß es sich bei der optischen Anregung um ein optisches Pumpen, vorzugsweise mittels UV-Strahlung, handelt, besteht die Möglichkeit der Anwendung verschieden dotierter laseraktiver Kristalle 7. Da grundsätzlich für die Anregung des Lasereffekts eine höherfrequente Anregungsstrahlung zur Erzeugung eines breiten Spektrums an niederfrequenten, von der Dotierung des laseraktiven Kristalls 7 abhängigen Laserstrahlen erforderlich ist, ist die Verwendung einer Anregungsstrahlung (Pumpenergie) im UV-Bereich vorteilhaft.

Die konzentrische Anordnung der LED-Chips 6 gewährleistet eine gleichmäßige Ausleuchtung und damit eine wirkungsvolle Anregung des optischen Resonators in Form des laseraktiven Kristalls 7, wobei gleichzeitig die mechanischen Abmessungen sehr klein gehalten werden können, da auch auf einer sehr kleinen Fläche eine Vielzahl von LED-Chips 6 mittels einfacher, bekannter Fertigungsschritte montierbar sind. Wird der Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser im Impulsbetrieb benutzt, so bestehen trotz der kleinen mechanischen Abmessungen keine thermischen Probleme infolge hoher Leistungsdichte.

Bei einem Kurzzeitbetrieb oder Dauerbetrieb des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers sind entsprechend der tatsächlich erreichten Betriebsdauer Maßnahmen zur Kühlung erforderlich.

In diesem Fall beeinflussen die Maßnahmen zur Kühlung, wie Kühlrippen am äußeren Gehäuse 1 oder Mikrokanäle für Kühlmedien in den polygonen, halbschalenförmigen LED-Trägern 5a und 5b oder in dem Zwi-

schenraum zwischen dem äußeren Gehäuse 1 und den polygonen, halbschalenförmigen LED-Trägern 5a und 5b die gesamten mechanischen Abmessungen des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers nur unwesentlich, so daß die erwünschte geringe Baugröße trotz hoher Ausgangsleistung des Laserstrahls 2a erhalten bleibt.

Zur Erzielung einer Ausgangsleistung des Laserstrahls 2a von etwa 1,5 Watt im grünen Bereich ($\lambda = 510 - 560$ nm, abhängig von der Dotierung des laseraktiven Kristalls) sind bei der Realisierung etwa 4800 einzelne LED-Chips mit einer Strahlung im Blau/Grün-Bereich ($\lambda = 480 - 540$ nm) erforderlich, wobei der Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser in diesem Fall eine Länge des äußeren Gehäuses 1 von etwa 90 mm und einen Durchmesser von etwa 15 mm aufweist.

Da es sich hierbei um eine sehr kompakte Bauform in Verbindung mit einem selbst für diese Anordnung recht hohen Leistungsbedarf in bezug auf die geringen mechanischen Abmessungen handelt, ist das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel durch die thermische Belastbarkeit der einzelnen Bauteile bestimmt und kann bei entsprechenden Maßnahmen zur Sicherung einer ausreichenden Kühlung (Kühlrippen, Mikrokanäle für Kühlmedien, Aussparungen im halbschalenförmigen polygonen LED-Träger) bei einer Vergrößerung der Anzahl der LED-Chips 6 auf einfache Weise erreicht werden. Ebenso können zur Leistungssteigerung mehrere Einheiten aus den halbschalenförmigen polygonen LED-Trägern 5a und 5b und den dazugehörigen laseraktiven Kristallen 7, mittels entsprechender Optiken hintereinander geschaltet bzw. kaskadiert werden.

Durch die sehr geringe Baugröße des Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlasers ist eine gute Handhabbarkeit auch im mobilen Einsatz gewährleistet, insbesondere im Hinblick auf die Stromversorgung 4, die hierbei problemlos mit üblichen Niedervoltakkumulatoren erfolgen kann, da die LED-Chips 6 zum Betrieb und somit auch zur Anregung des laseraktiven Kristalls 7 keine Hochspannung benötigen.

Durch die Verwendung von Bauteilen mit unterschiedlichen Parametern, sowohl der Anregungslichtquelle in Form der LED-Chips 6 als auch des laseraktiven Kristalls 7 in Verbindung mit einem möglichen Frequenzverdopplerkristall am Auskoppelspiegel des Resonators eignet sich der Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser für eine Vielzahl von speziellen Anwendungen.

Patentansprüche

1. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser mit einem laseraktiven Kristall (7) in der Form eines optischen Resonators aus einem speziell für elektromagnetische Strahlung zur Erzeugung des Lasereffekts dotierten Kristalls, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Anregung durch eine Vielzahl von Leuchtdioden in Form von Halbleiter-LED-Chips (6), deren Strahlung (8) auf die Mantelfläche des laseraktiven Kristalls (7) gerichtet ist, erfolgt.
2. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung (8) der LED-Chips (6) zur hochfrequenten Anregung des laseraktiven Kristalls (7) im UV-Bereich liegt.
3. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung (8) der LED-Chips (6) zur hochfrequenten Anregung des laseraktiven Kristalls (7) im UV-Bereich liegt.

perlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die LED-Chips (6) auf den Innenflächen eines um den laseraktiven Kristall (7) konzentrisch angeordneten polygonen LED-Trägers (5a, 5b) befestigt sind.

4. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der polygone LED-Träger (5a, 5b) aus zwei Halbschalen besteht.

5. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Strahlung (8) der LED-Chips (6) optimal auf die Absorption und damit die Umwandlung der Anregungsenergie im laseraktiven Kristall (7) zur Erzielung einer maximalen Ausgangsleistung abgestimmt ist.

6. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Stromzuführungen (9) einschließlich der halbschalenförmigen polygonen LED-Träger (5a, 5b) zur effektiveren Stromzuführung und besseren Wärmeableitung in Reinsilber ausgeführt sind.

7. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Kontaktplatte (11) auch an der Frontseite der halbschalenförmigen polygonen LED-Träger (5a, 5b) angebracht ist, welche über eine ausreichende Querschnittsvergrößerung von einigen Stromzuführungen (9) eine günstigere, effektivere Stromzuführung der LED-Chips (6) insbesondere bei einer größeren Anzahl der LED-Chips (6) gewährleistet ist.

8. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an einem äußeren Gehäuse (1) eine Schalteinrichtung (3) zum Einschalten der Stromversorgung (4) vorgesehen ist.

9. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil der Innenfläche der halbschalenförmigen polygonen LED-Träger (5a, 5b), der nicht mit LED-Chips (6) bedeckt ist, zur Reflektion diffuser Strahlung (8) der LED-Chips (6) entsprechend verspiegelt ist.

10. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kaskadierung der halbschalenförmigen polygonen LED-Träger (5a, 5b) und der entsprechenden laseraktiven Kristalle (7) eine Leistungssteigerung ermöglicht.

11. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Mikrokanäle für Kühlmedien in den halbschalenförmigen polygonen LED-Trägern (5a, 5b) angebracht sind.

12. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmedium durch entsprechende Zuführungen, die zusammen mit den Versorgungsstromleitungen in der Zuleitung (4a) angebracht sind, dem Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser zugeführt wird.

13. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die halbschalenförmigen polygonen LED-Träger (5a, 5b) an ihrer Außenseite Aussparungen in Längsrichtung aufweisen, so daß Kühlkanäle zwischen den halbschalenförmigen polygonen LED-

Trägern (5a, 5b) und dem äußeren Gehäuse (1) zur Durchleitung des Kühlmediums ausgebildet sind.

14. Subminiatur-Hochleistungs-Halbleiter-Festkörperlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine optimale elektrische Leistungsanpassung durch eine einfache oder mehrfache Reihenschaltung einzelner oder mehrerer Segmente der halbschalenförmigen polygonen LED-Träger (5a, 5b) erfolgt.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

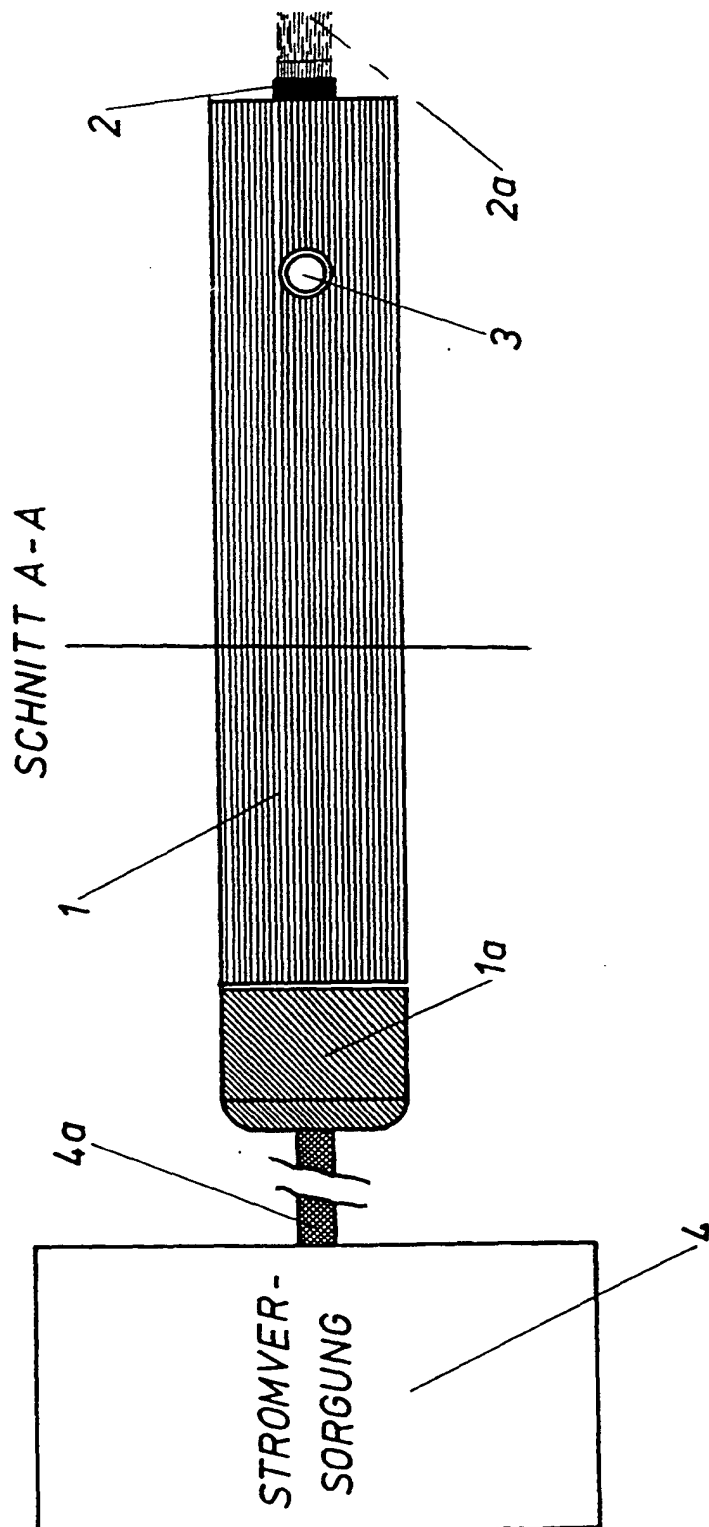


Fig. 2 SCHNITT A-A

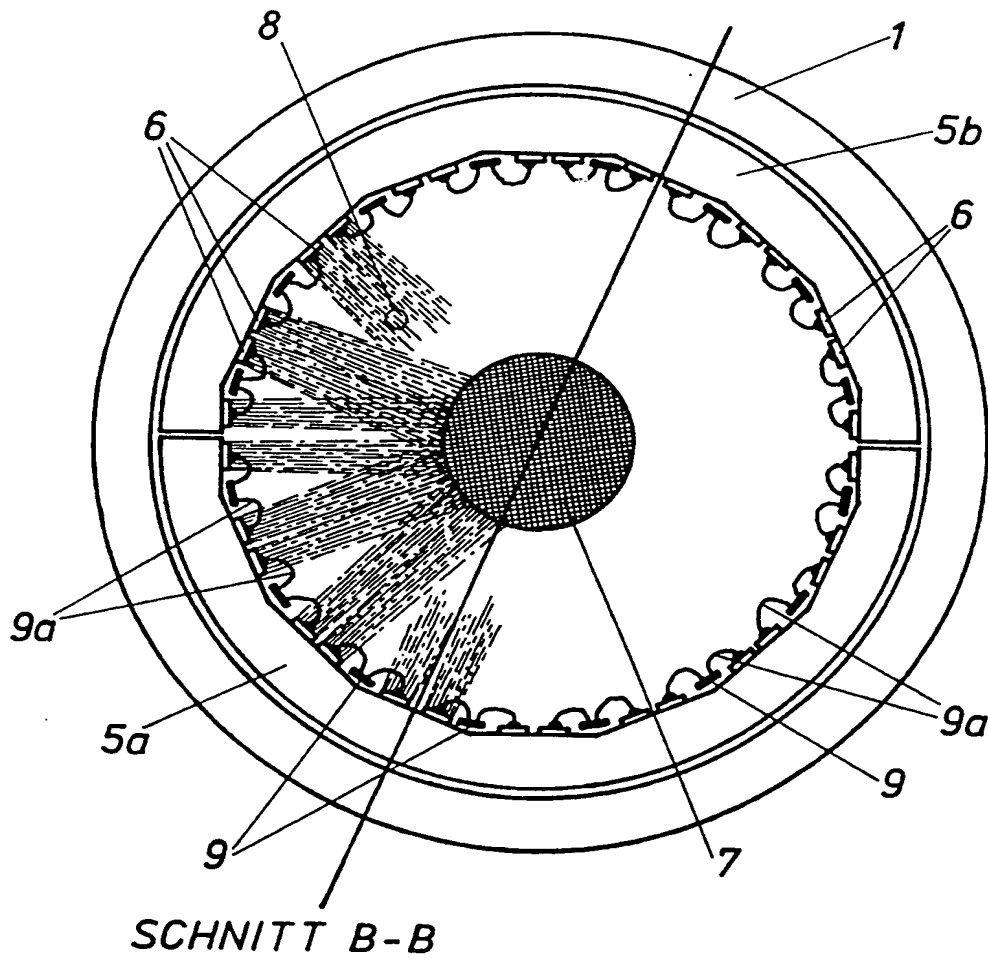


Fig.3 SCHNITT B-B

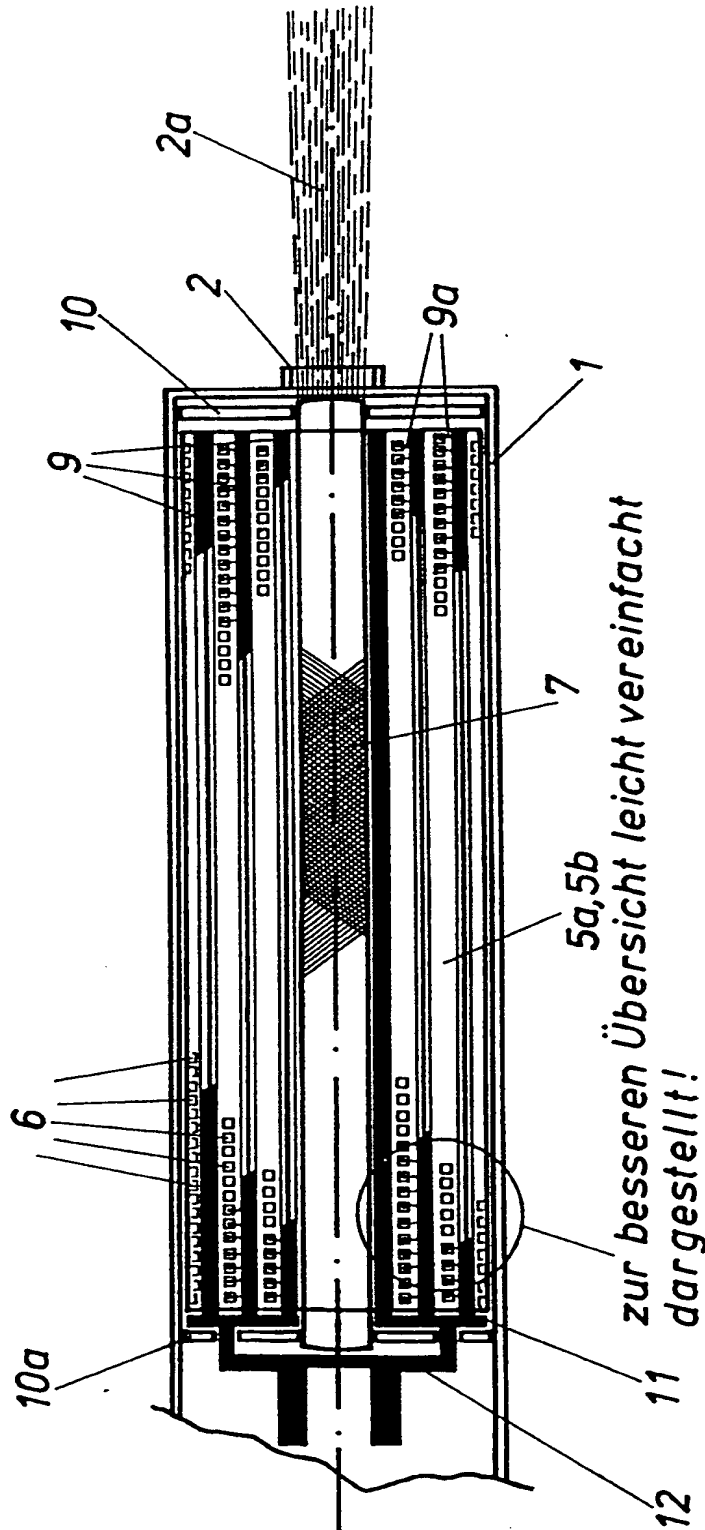


Fig. 4

